

Vehículo Guiado Automáticamente (AVG) como ayudante en líneas de producción

Luis Fernando Arbeláez Arbeláez

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI
Programa de Ingeniería Electrónica
Bogotá
2021

Vehículo Guiado Automáticamente (AVG) como ayudante en líneas de producción

Luis Fernando Arbeláez Arbeláez

Director:

Jorge Enrique Arboleda Puerta

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI
Programa de Ingeniería Electrónica
Bogotá
2021

Página de Aceptación

Jorge Enrique Arboleda Puerta
Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Bogotá-2021

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi madre Inés Arbeláez que siempre me ha apoyado de forma incondicional, para lograr esta meta.

A mi hija María Camila Arbeláez por su amor y como ejemplo para su vida.

Resumen

En el presente proyecto “Vehículo Guiado Automáticamente (AVG) como ayudante en líneas de producción” se explica en primera instancia los conceptos teóricos, para la construcción de un prototipo de AVG; siendo estos conceptos necesarios en la realización del diseño e implementación del AVG en mención.

Posteriormente, se describe el funcionamiento de los elementos principales y su participación en el conjunto de elementos que constituyen el prototipo de AVG.

Finalmente, se encuentran el modelo experimental con el código, sensores respectivos y evidencias fotográficas del mismo.

Palabras clave: Vehículo autónomo, Tecnología, Arduino, Estaciones, Líneas de producción, AVG.

Abstract

In the present project "Automatically Guided Vehicle (AVG) as an assistant in production lines" the theoretical concepts for the construction of an AVG prototype are explained in the first instance; these concepts being necessary in the realization of the design and implementation of the AVG in question.

Subsequently, the operation of the main elements and their participation in the set of elements that make up the AVG prototype is described.

Finally, there is the experimental model with the code, respective sensors and photographic evidence of it.

Keywords: Autonomous Vehicle, Technology, Arduino, Stations, Production Lines, AVG.

Contenido

Lista de tablas	1
Lista de figuras.....	2
Introducción.....	4
Problema.....	5
Justificación	6
Objetivos.....	7
Objetivo general.....	7
Objetivos específicos.....	7
Hipótesis.....	8
Marco Teórico.....	9
Definición de AVG	9
Tipos de AVG según su guía	9
Tipos de AVG por su desempeño y utilidad.....	14
Empresas productoras de AGVs	16
Mercado de AGVs en Colombia.....	25
Metodología.....	27
Construcción de los modelos AGV.....	27
Unidad de control.....	29
Sensores	29
Puente H	36
Tracción.....	38
Sistema de Guiado.....	41

Estructura del robot (Chasis)	41
Resultados y Discusión	47
Alimentación.....	49
Funcionamiento del sistema	50
Conclusiones.....	54
Recomendaciones	55
Referencias	56
Anexos.....	60

Lista de tablas

Tabla 1	35
Tabla 2	36

Lista de figuras

Figura 1.....	10
Figura 2.....	11
Figura 3.....	12
Figura 4.....	13
Figura 5.....	14
Figura 6.....	16
Figura 7.....	17
Figura 8.....	17
Figura 9.....	18
Figura 10.....	19
Figura 11.....	19
Figura 12.....	20
Figura 13.....	21
Figura 14.....	22
Figura 15.....	23
Figura 16.....	24
Figura 17.....	27
Figura 18.....	28
Figura 19.....	29
Figura 20.....	30
Figura 21.....	31
Figura 22.....	33
Figura 23.....	34

Figura 24.....	36
Figura 25.....	39
Figura 26.....	40
Figura 27.....	41
Figura 28.....	42
Figura 29.....	42
Figura 30.....	43
Figura 31.....	43
Figura 32.....	44
Figura 33.....	45
Figura 34.....	45
Figura 35.....	46
Figura 36.....	46
Figura 37.....	47
Figura 38.....	48
Figura 39.....	48
Figura 40.....	49
Figura 41.....	51

Introducción

Las empresas buscan nuevas tecnologías que logren agilizar, maximizar el rendimiento de los procesos de producción, minimizar los tiempos muertos y transportar los materiales de una estación a otra, para esto contamos con los AVG (Automatic Guided Vehicle) Vehículos de Guiado Automático, que no requieren de un conductor y hacen parte de la solución en estos tiempos de distanciamiento social.

Por lo anterior se hace un llamado a los estudiantes de la UNAD a investigar y aportar nuevos conocimientos a nuestro país, desarrollando nuevas tecnologías o formas de aplicar las ya existentes. Es así, como surge la necesidad de crear este prototipo de AVG con mano de obra colombiana a un costo razonable y dejarlo en la universidad donde servirá como herramienta para los laboratorios de la institución universitaria, con el fin que estudiantes puedan hacer uso de estos conocimientos, hacer mejoras que fortalezcan el proyecto en las áreas mecánica, robótica y programación, para así lograr la competitividad a nivel nacional

Problema

La robótica junto con los avances tecnológicos puede generar un gran aporte a Colombia en el desarrollo empresarial, solo que los altos costos de adquisición de Vehículos Guiados Automáticamente (AVG), para las medianas empresas e industrias son una barrera por lo que surge la siguiente pregunta.

¿Cómo desarrollar vehículos de guiado automático a bajo costo con las principales características de las grandes marcas del mercado?

Justificación

En Colombia la movilidad de mercancía dentro de los procesos de producción en las empresas está limitada al factor humano en comparación con las empresas europeas, donde estas labores son realizadas por medio Vehículos Guiados Automáticamente (AVG).

De aquí la necesidad de implementar sistemas de línea de producción eficientes que nos permitan ser competitivos. Los avances tecnológicos junto con la robótica nos dan una solución en la movilidad de materia prima y la realización de trabajos monótonos mejorando los tiempos de producción.

El presente proyecto pretende sentar las bases en la realización de un modelo operacional de vehículo guiado automáticamente (AVG) a bajo costo embebido en Arduino por medio de un modelo experimental, el cual servirá a nuevos estudiantes como punto de partida que, junto con sus posteriores aportes, lleven a fin la creación de vehículos guiados automáticamente (AVG) para su posterior comercialización.

Lo único imposible es aquello que no se intenta (anónimo).

Objetivos

Objetivo general

Crear un prototipo experimental de Vehículo de Guiado Automático de bajo costo con base a la plataforma de Hardware y Software Libre Arduino

Objetivos específicos

Identificar las características tecnológicas y de servicio de los Vehículos Guiados Automáticamente - AVG.

Identificar las empresas productoras de Vehículos de Guiado Automático comerciales, la tecnología usada y costos.

Consultar sobre la implementación de vehículos – AVG en empresas colombianas.

Construir un prototipo experimental adecuado y relacionado con los datos obtenidos, que permitan alcanzar el objetivo general.

Mostrar en una o varias ponencias los alcances y logros del proyecto, así como las ventajas de su implementación.

Hipótesis

Es posible realizar un prototipo experimental de Vehículo Guiado Automáticamente – AVG usando Hardware y Software Arduino que tenga las características de los AGVs de las grandes marcas conocidas a un bajo costo.

Marco Teórico

Definición de AVG

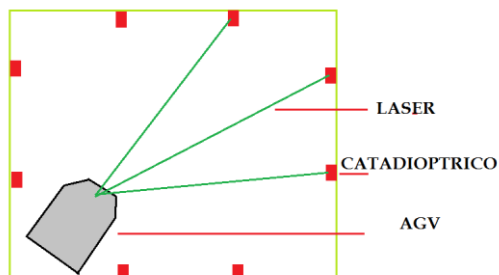
Los vehículos guiados automáticamente conocidos hoy en día como AVG son un desarrollo que se viene presentando desde 1953 inventado por Berrett Electronics. Asimismo, un AVG es un robot móvil controlado por computador utilizado para el transporte de material (Echeverri Estrada, J. M., & Escobar Murcia, P. A. 2012).

Tipos de AVG según su guía

El sistema de guía es la forma que cada vehículo está conectado con su recorrido. Según las guías tenemos

Guiado Láser. Los AVGs son guiados por unidades de laser giratorios mandando tres señales a tres puntos característicos, como se indica en la figura 1; cuando estas son reconocidas determina su posición por medio de comparación y un mapa que está establecido en su programación,

El costo del sistema laser se ve compensado en la facilidad y versatilidad del sistema ya que puede su recorrido ser modificado fácilmente.

Figura 1*Sensor Laser*

Fuente: Autoría propia (2020)

Nota: AVG dotado con sensores laser para encontrar la ruta a seguir.

Opto guiado. Esta forma de guiado trata de colocar cintas de espejo con efecto catadióptrico (cinta con esferas diminutas que reflejan la luz de forma perpendicular al emisor independiente de su ángulo de incidencia) sobre el recorrido que se desea, luego por medio de sensores ópticos el AVG toma las decisiones dependiendo de la programación de este como se muestra en la figura 2.

Este sistema es económico, pero poco confiable si no hay suficiente limpieza del adhesivo que se utilice; así como no es recomendable en pasos estrechos.

Figura 2*Efecto catadióptrico en reflector de bicicleta*

Fuente: Reflectante (2020)

Nota: Reflector fabricado en forma de baldosa, moldeado en plástico transparente. La superficie exterior es lisa, permitiendo que la luz (como la de los faros de un coche) entre. La superficie posterior de la baldosa se presenta en forma de un conjunto de micro prisma angulados o de bolsa esférica (Reflectante, 2020).

Visión artificial. Algunas compañías están haciendo pruebas con la visión artificial por medio de cámaras de alta resolución y programas especializados, como se puede observar en la figura 3; las cuales tienen como cualidad definir distancia, reconocer órdenes del operario e identificar estaciones.

Su implementación está en prueba, pero a futuro es una excelente opción pues su recorrido estará libre de mano de obra y se podrá acondicionar fácilmente a cualquier sitio.

Figura 3

AVG con visión artificial

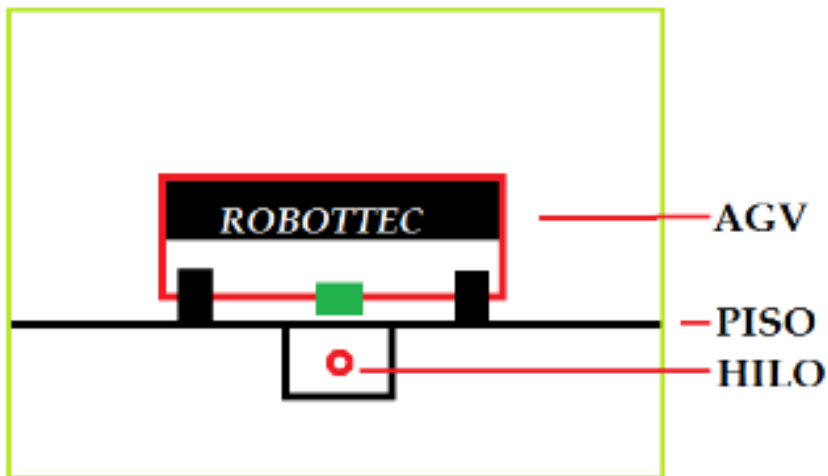


Fuente: Kivnon (2017)

Nota: AVG desarrollado por el departamento de I+D de Kivnon, es el primer AVG que tiene la capacidad de interpretar las ordenes de un operario con la ayuda de visión artificial (Ballesteros A., 2018).

Filoguiado. Este sistema requiere de instalar un hilo a unos centímetros del piso, generando por medio de energía la creación de un campo magnético que a su vez es identificado por los sensores que posee el AVG; así como la determinación de la ruta, como se ilustra en la figura 4.

El sistema filoguiado es un poco dispendioso para su instalación y modificar su recorrido no es sencillo por las obras que requieren.

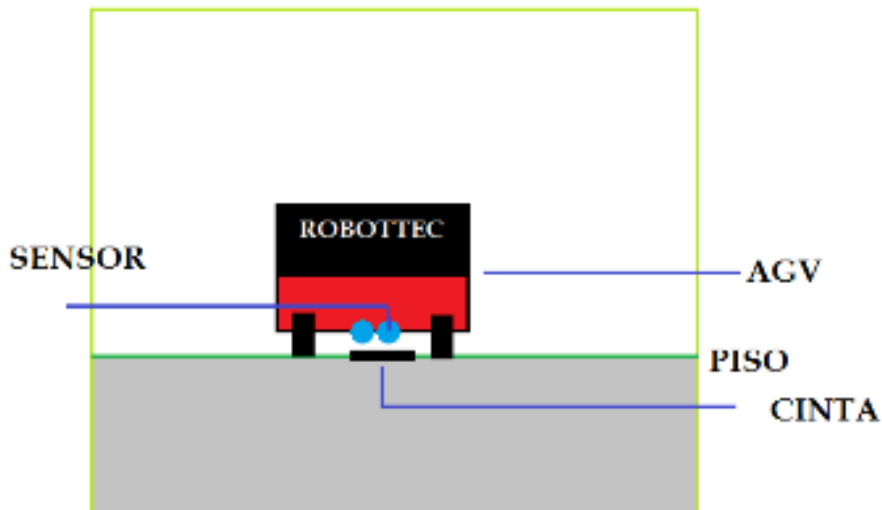
Figura 4*Sistema Filoguiado*

Fuente: Autoría propia (2020)

Nota: Sistema que requiere de un hilo a unos centímetros del piso, este por medio de energía crea un campo magnético guía AVG.

Sensores infrarrojos: Básicamente se trata de seguidores de línea que por medio de cinta negra y fondo blanco o lo contrario, avanzan dependiendo de la información que envíe el sensor (infrarrojo de corto alcance) a la tarjeta para determinar la velocidad y dirección de los motores, como se muestra en la figura 5.

Este sistema es muy utilizado pues la instalación de su recorrido es económica

Figura 5*AVG sensores Infrarrojos*

Fuente: Autoría propia (2020)

Nota: Sistema de AVG el cual por medio de cinta negra y fondo blanco, avanza dependiendo de la información que envíe el sensor.

Tipos de AVG por su desempeño y utilidad

Vehículos AGV para hoteles. Son utilizados como meseros en el restaurante, acarreo de alimentos, auxiliar en camarería, botones y recepcionista.

Vehículos AVG para hospitales. Utilizados en tratamiento terapéutico, en lavanderías, cocinas y entrega de medicamentos a personas en recuperación.

Transportadores AVG unitarios de cargas. Manejado en trayectorias generalmente cortas, pero con grandes volúmenes. Los AVG modificados con rodillos permite realizar esta acción.

Transportadores AVGs de carga ligera. Si se desea transportar cargas menores a 250 kilogramos AGV programados para espacios limitados son la opción ya que permite hacerlo en diferentes estaciones.

Vehículos AGVs de arrastre. A los AGVs se les puede modificar con remolques para transportar diferentes materias primas logrando movilizar pesos hasta los 1.600 kilogramos a distancias grandes.

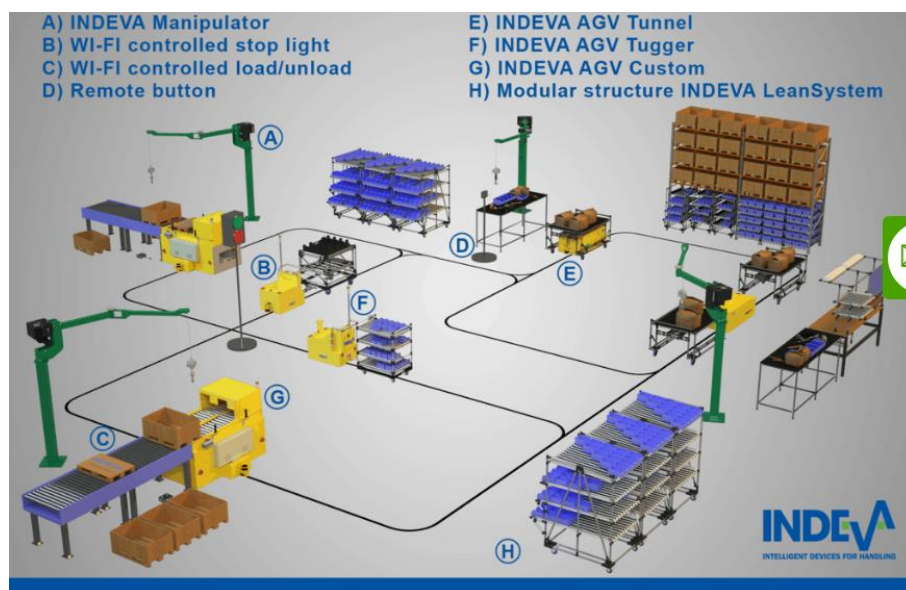
Vehículos contrapesados. Si los pesos superan los 1600 kilogramos, se diseñan AGVs con sistema de contra peso para mantener el equilibrio, siendo utilizados como aplicadores en grandes fábricas.

Vehículo AGV en línea de ensamble y producción. Quizás unas de las utilidades más relevantes son en las líneas de producción, haciendo trabajos monótonos, llevando material a estaciones para ensamblaje o material terminado ahorrando tiempo y dinero.

La siguiente figura 6 nos presenta el fabricante INDEVA un modelo industria 4.0 con AVGs e inteligencia artificial.

Figura 6

AVG en un entorno de producción



Fuente: Indeva (2020)

Nota: Trayectoria típica de AGV en un entorno de producción.

Empresas productoras de AGVs

En Europa y Oriente son múltiples las empresas dedicadas a la construcción de este tipo de sistema de transporte; de la figura 07 hasta la figura 16 se muestran algunas empresas productoras de AGVs

SCAGLIA INDEVA está en el negocio de la automatización de bajo coste desde 1980, siendo el suministro de soluciones, para la fabricación ajustada de estructuras modulares y vehículos automáticos guiados (AVG) como se muestra en la figura 7, desde el año 2020 (Indeva, 2020)

Figura 7

Título Vehículo automático indeva AVG



Fuente: Indeva (2020)

Nota: Vehículo automático guiados (AVG) diseñado por INDEVA

Como se muestra en la figura 8, JUNGHEINRICH AG con sede en Hamburgo es un proveedor de primer rango en todas las cuestiones de desarrollo, implementación, optimización y conservación de las mejores soluciones intra logísticas para su aplicación (Jungherinrich, 2020)

Figura 8

Título JUNGHEINRICH



Fuente: Jungherinrich (2020)

Nota: Carretilla elevadora automática diseñada por JUNGHEINRICH

SSI SCHAEFER es un proveedor con un liderazgo a nivel mundial como se muestra en la figura 9 de fabricación de productos de chapa, solución de productos y sistemas logísticos (Schafer, 2020).

Figura 9

Título SSI SCHAFER



Fuente: Schafer (2020)

Nota: Sistema de carga pequeña diseñado por SCHAFER

La fuerza innovadora y conocimientos especializados determina por medio de la figura 10 el éxito empresarial de TRAPO AG. Cuyos desarrollos e instalaciones han dado forma a las áreas de sistemas transportadores, robots y tecnología de pinzas a medida, así como sistemas de paletización y despaletización (Trapo AG, 2020).

Figura 10

Titulo TRAPO AG



Fuente: Trapo AG (2020)

Nota: Vehículo automático guiado (AVG) diseñado por TRAPO AG

DTA es una empresa como lo muestra la figura 11 especializada en diseño y fabricación de transportadores autopropulsados para el transporte in situ de 1 a 1200 toneladas, siendo estos útiles en diferentes sectores como molinos de viento, ferrocarriles, construcción naval, automatización, aeroespacial, acería, fundición, industria portuaria y otros (DTA, 2020).

Figura 11

Título DTA



Fuente: DTA (2020)

Nota: Transportadora diésel diseñado por DTA

GIDEON BROTHERS desarrolla plataformas como se muestra en la figura 12 de robot autónomos, colaborativas y modulares para entornos humanos no estructurados, interiores y tecnologías de autonomía para diversas industrias; así como revolucionando sus operaciones en inteligencia artificial y robótica (Gideon Brothers, 2020).

Figura 12

Título GIDEON



Fuente: Gideon Brothers (2020)

Nota: Robot autónomo en la cadena de suministro GIDEON

La base de Mobile Industrial Robots se estableció en 2011 cuando el fundador de MIR, Niels Jul Jacobsen, creó el primer ejemplo de lo que algún día se convertiría en un robot MIR utilizando los ladrillos LEGO de su hijo (MIR, 2020).

Mobile Industrial Robots se fundó oficialmente en Odense, Dinamarca en mayo de 2013 con la idea de optimizar la logística en la industria global. En ese momento Niels era el único empleado de MIR hasta octubre de 2014 (MIR, 2020).

En el 2015 se produjeron y vendieron los primeros robots como se muestra en la figura 13 MIR 100, ganando múltiples premios de renombre internacional y creando para el presente año 2020 el MIR 250 altamente adaptable y flexible (MIR, 2020).

Figura 13

Titulo MIR



Fuente: MIR (2020)

Nota: Diseño de AVG MIR 100

Fetch fue fundada en el 2014 por líderes reconocidos en robótica, siendo esta la primera plataforma en la nube del mundo, así como reconocida por Fast Company en la categoría de empresa más innovadoras por el AVG de manipulación el cual se muestra en la figura 14.

Figura 14

Titulo Filete 500



Fuente: Fetch Robotic (2020)

Nota: AVG de Manipulación

Transolt ha comenzado a desarrollar sistemas de transporte autónomo sin conductor a luz, donde utiliza sistemas, software integrados, mecatrónica, sistemas robóticos como el que se muestra en la figura 15 y personal técnico especializado en tecnología de procesamiento de imágenes, utilizando el conocimiento durante años en la producción de vehículos y robots autónomos de transporte de mercancías AVG/AMR los cuales brindan un servicio de calidad, sostenibilidad y confiabilidad a la industria turca.

Figura 15

Título AGV OTX-10 de Transolt



Fuente: Transolt (2020)

Nota Roboth autónomo de transporte de mercancía AGV de manipulación

DEMATIC es una empresa líder en tecnología AVG, software y servicios automatizados como se muestra en la figura 16, para optimizar la cadena de suministro y en pocas palabras apoyar a mantener el mundo en movimiento.

Figura 16

Título AVG con abina para carga de unidades



Fuente: Dematic (2020)

Nota: Equipo AVG con sistema y servicio integrado para mejorar la eficiencia y los procesos logísticos

Mercado de AGVs en Colombia

Las Empresas en Colombia están llamadas a dar el salto a la cuarta revolución industrial o industrias 4.0, lo cual conlleva a que empresarios tengan cambios logísticos y de pensamiento.

Por lo anterior, hoy en día algunos almacenes son ahora inteligentes, como es el caso del grupo FAMILIA, que gracias a la empresa española Mecalux realizó un sistema con capacidad de 19.900 estivas tipo elevador y en otros espacios, cintas transportadoras inteligentes que facilitan el movimiento de la mercancía.

Además, es de enunciar que aparte del sector empresarial hay algunas Instituciones de Educación Superior en nuestro país que han venido desarrollando estudios encaminados a la investigación de vehículos AGV, como lo es la Universidad Nacional de Santander, la Universidad Tecnológica de Pereira, y la Universidad Nacional de Bogotá, las cuales han tenido avances significativos en el tema en la parte teórica, pero no en la praxis.

También otra de las universidades que ha trabajado en el tema de AGVs es la Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico – EAFIT donde realizó una encuesta a varios empresarios y se obtuvo como resultado

- Muy poca información tienen las empresas sobre los AGVs
- La mayoría utiliza más de tres personas para el transporte de material dentro de las industrias haciendo recorridos repetitivos.
- En un alto porcentaje reubican su maquinaria dentro de su empresa
- El método de transporte dentro de las empresas es el montacargas
- La mayoría de las empresas están ubicadas en terrenos planos lo que facilitaría el acondicionamiento de un AGV.
- Abría aceptación de las empresas de AGVs desarrollados en nuestro país.

Por ende, dichos estudios han demostrado que en Colombia son pocas las empresas que implementan este sistema, así como hay desinformación sobre los sistemas AGVs, sus beneficios e incluso los costos de implementación.

Metodología

A continuación, se enuncia la explicación de cómo se desarrolla la construcción de un prototipo de AVG con sensores básicos.

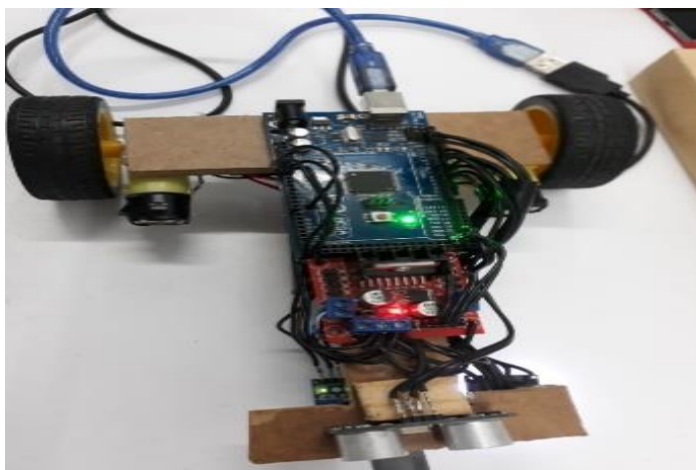
Construcción de los modelos AGV

El alto precio y los impuestos a pagar son limitantes para acceder de forma masiva a estos vehículos por las empresas, razón por la cual se decidió construir un modelo con los sensores básicos, de esta forma analizar su comportamiento y estudiar la viabilidad de su manufactura.

Para este proyecto se construyeron dos prototipos, un prototipo experimental como se muestra la figura 17 el cual quedará en el laboratorio como evidencia del desarrollo de trabajo aplicado y un prototipo operacional como se muestra en la figura 18 el cual se continuará perfeccionando para comercialización.

Figura 17

Título Prototipo Experimental



Fuente: Autoría propia (2020)

Nota: Prototipo donde se realiza la programación de los sensores

Figura 18

Título Prototipo Operacional



Fuente: Autoría propia (2020)

Nota: Prototipo donde se realiza el montaje de los sensores, para realizar pruebas en un modelo real

Son tres los aspectos fundamentales para tener en cuenta en la construcción de estos:

- La unidad de control: Supervisa y dirige los procedimientos de los sensores y actuadores del sistema.
- El sistema de guiado: Dirige el vehículo para que se mueva a lo largo de la trayectoria establecida.
- La estructura de vehículo – AGV: Presentación externa es la encargada de cumplir las órdenes para la realización de múltiples funciones.

Unidad de control

Las unidades de control están conformadas por diferentes presentaciones de las placas Arduino, las cuales tienen múltiples entradas y salidas según el modelo a trabajar, en el caso de un Arduino mega 2560 el número de sus pines PWM se pueden habilitar como entrada o salida, y permiten emular señales analógicas de tensión desde la placa tal como se muestra en la figura 19.

Prototipo Experimental: Arduino mega

Figura 19

Título Arduino



Fuente: Arduino (2020)

Nota: Prototipo electrónico de código abierto basada en hardware y software fácil de usar.

Sensores

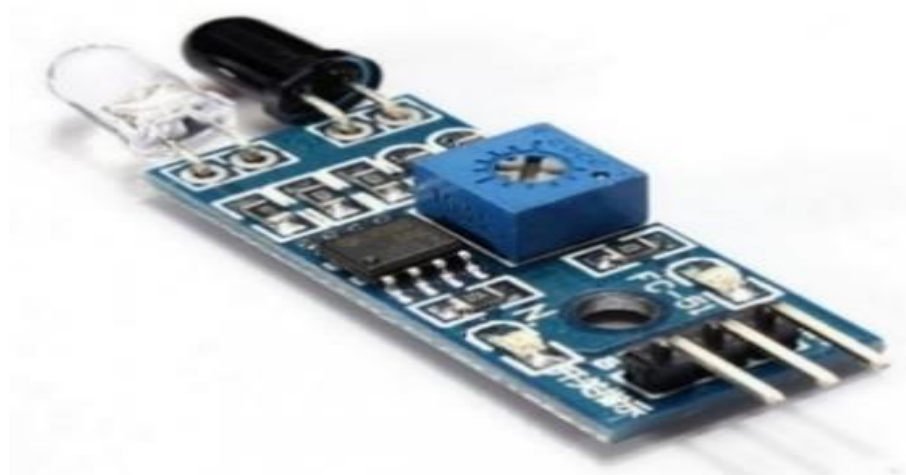
Los prototipos llevan los mismos sensores y cumplen las mismas funciones, clasificándose en:

Sensor óptico infrarrojo CNY70

CNY70 es un sensor óptico infrarrojo el cual posee un rango de corto alcance, ya que no actúa con precisión con distancias superiores a 4.5 cm como se muestra en la Figura 20, su aplicación es variada desde detección de colores, superficies y distancias. Asimismo, contiene un emisor de luz infrarrojo y un receptor. El fotodiodo emite un haz de radiación infrarrojo, en ese momento el fototransistor recibe o deja de recibir ese haz de luz cuando se refleja sobre alguna superficie u objeto (Díaz U. F., 2018).

Figura 20

Título Sensor Óptico infrarrojo CNY70



Fuente: Arduino (2020)

Nota: Sensor infrarrojo de corto alcance

Además, este sensor puede ser utilizado como entrada digital o analógica cuando se orienta hacia una superficie negra, ya que esta absorbe la mayor parte de la luz, enviando un uno (1) o un alto a la plaqueta de Arduino. Por otra parte, cuando tenemos una superficie blanca refleja toda la luz, activando el fototransistor el cual manda a tierra la señal y se tiene como resultado un cero (0) o un bajo.

Sensor ultrasónico

El sensor HC-SR04 como se muestra en la figura 21, es un sensor ultrasónico con capacidad de medir distancias por medio de medición del eco, donde el transductor que emite un pulso corto de energía ultrasónica se refleja en el sensor y captura el eco producido por medio de un receptor, haciendo que de esta manera puede calcular la distancia en que se encuentra algún objeto.

Figura 21

Título Sensor Ultrasónico



Fuente: Arduino (2020)

Nota: Sensor ultrasónico con capacidad de medir distancias por medio de medición del eco

En el mercado se pueden encontrar diferentes referencias de sensores que pueden realizar estos tipos de trabajos, sin embargo, el más utilizado es el sensor hc-sr04 ya que es de bajo costo y del cual pueden resaltar las siguientes características:

- Voltaje de alimentación 5 voltios
- Frecuencia de trabajo 40 KHz
- Rango efectivo de medición de 3 – 400 cm
- Dimensiones 45*20*15 mm
- 4 terminales de conexión

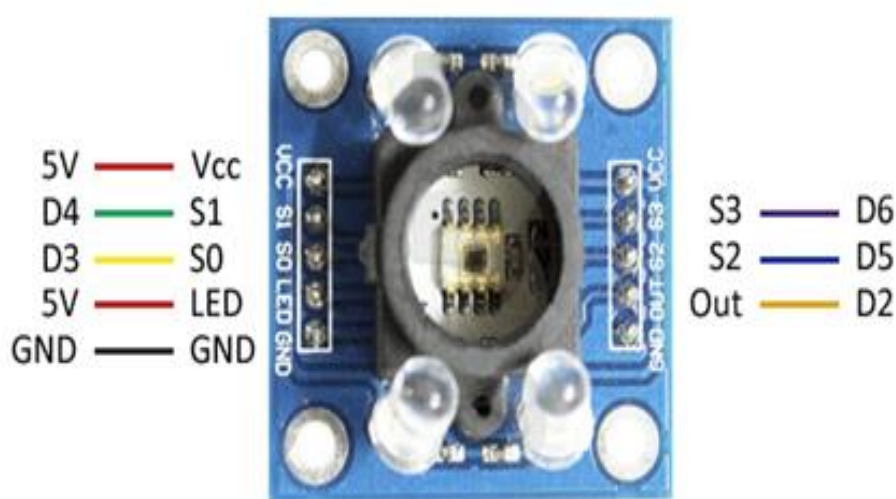
Una de las ventajas de este sensor es no tener que contar con el contacto físico para poder determinar la presencia de algún objeto, se puede encontrar haciendo parte de sistemas de estanques para controlar su llenado, en vehículos para prevenir colisiones y en sistemas de identificación de bandas transportadoras, activación y desactivación de sistemas controlados.

Sensor color TCS3200

El TCS3200 de la Figura 22 es un convertidor de luz a frecuencia que combina fotodiodos de silicio reconfigurables y una corriente de frecuencia en un solo circuito integrado. La salida es una onda cuadrada (ciclo de trabajo de 50%) con una frecuencia directamente proporcional a la intensidad de luz. Las entradas y salidas digitales permiten una interfaz directa con un microcontrolador u otro conjunto de circuitos lógicos, por esta razón el sensor es ideal para líneas de producción, domótica, robótica, entre otros (Cuadros A. I., 2020)

Figura 22

Titulo Sensor TCS3200



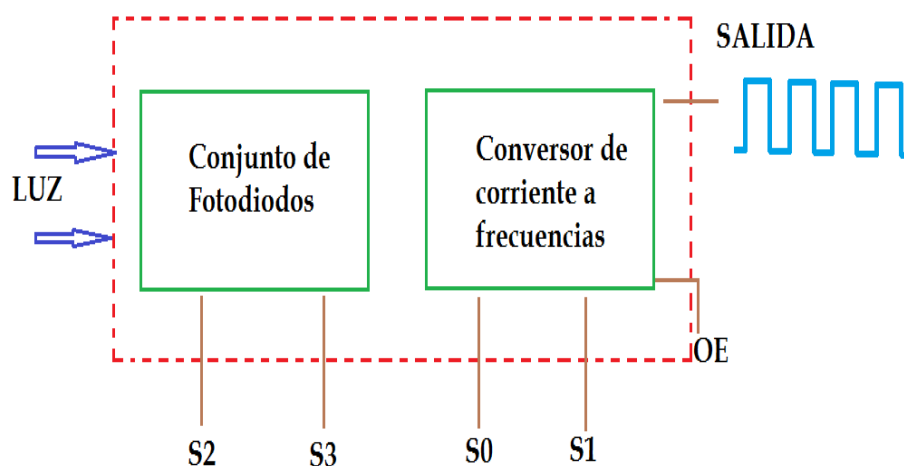
Fuente: Arduino (2020)

Nota: Sensor con convertidor de luz a frecuencia

Por otro lado, un módulo detector de reconocimiento de color es un sensor integrado con una matriz de 64 fotodiodos, los cuales están distribuidos de la siguiente manera; Dieciséis (16) tienen filtro correspondiente al color rojo, Dieciséis (16) para el color verde, Dieciséis (16) en el color azul y finalmente dieciséis (16) para luz directa (sin ningún filtro). También, genera una salida de señal de onda cuadrada cuyo ancho del pulso indica la información sobre la intensidad (Escarletti, 2018), lo cual se representa en la Figura 23.

Figura 23

Titulo Modulo Sensor detector de reconocimiento de color



Fuente: Autoría propia (2020)

Nota: Sensor integrado con matriz de 64 fotodiodos

Algunas características:

- El rango de distancia es de 10 mm
- Dimensiones del módulo 31,6 mm x 24,4 mm
- Alimentación de 3 a 5 voltios

En cuanto al funcionamiento, la matriz de los fotodiodos, por medio de la configuración los fotodiodos permiten lograr el promedio del valor que se mide para compensar diferencias de color en la superficie que permite su muestreo. Además, de funcionalidad, este dispone de filtros de color los cuales están distribuidos de manera uniforme por la superficie o ubicados sobre los fotodiodos, que, al irse alternando, sirven para distinguir cada componente de luz.

Por otro lado, la corriente se convierte a frecuencia en forma de onda cuadrada con un ciclo de trabajo del 50% (mitad pulso alto, mitad pulso bajo) después de ser obtenida la

correspondiente lectura de la iluminación, así de esta manera enviando al microcontrolador una frecuencia en lugar de una corriente – intensidad (Escarletti, 2018).

Para seleccionar el filtro utilizamos los conectores presentados en la Tabla 1 los cuales están marcados con S2 y S3 por medio de la siguiente distribución:

Tabla 1

Tipo de Fotodiodos

Tipo de fotodiodo	S2	S3
Rojo	Bajo	Bajo
Azul	Bajo	Alto
Sin filtro(claro)	Alto	Bajo
Verde	Alto	Alto

Nota: los fotodiodos permiten lograr el promedio del valor que se mide para compensar diferencias de color en la superficie que permite su muestreo (Escarletti, 2018).

Escala de frecuencia

Para la escala de frecuencia, generalmente para las aplicaciones en Arduino se utiliza un 2% según la disposición de la siguiente tabla:

Tabla 2*Escala de Frecuencia de salida*

Escala de frecuencias de salida	S2	S3
Corriente cortada	Bajo	Bajo
2 %	Bajo	Alto
20 %	Alto	Bajo
100 %	Alto	Alto

Nota: Frecuencia de salida para aplicaciones en Arduino.

Puente H

El módulo L298N como se muestra en la figura 24 es un Driver de tipo H-bridge el cual permite que el control de velocidad y dirección de giro de motores de CC, lo que significa que está formado por 4 transistores que van a permitir invertir el sentido de la corriente para que el rotor del motor pueda girar en uno u otro sentido según nuestra conveniencia (Isaac, 2020).

Figura 24*Título Módulo L298*

Fuente: Arduino (2020)

Nota: Driver de tipo H-bridge el cual permite que el control de velocidad y dirección de giro de motores (Isaac, 2020).

Este dispositivo puede trabajar con varios voltajes, desde los tres (3) V - Voltios a los 35 voltios, y a una intensidad de 2 Amperios.

Cuando se alimenta al Driver con una tensión mayor o menor se obtiene un giro más rápido o lento. Su alimentación es de cinco (5) voltios, solo que para manejar motores se requiere de un voltaje de doce (12) voltios o más, si es necesario (Isaac, 2020).

El módulo posee tres (3) conexiones por cada motor. Las marcadas IN1 a IN4 son las que controlan los motores A y B. Los Jumperes que hay a cada lado de esas conexiones para cada motor son ENA y ENB (Isaac, 2020).

Para el motor A o el B, se debe tener conectar IN1 e IN2 ya que van a controlar el sentido de giro. Si IN1 está en HIGH en IN2 en LOW, el motor gira en un sentido, y si están en LOW y HIGH, gira en el otro esto se puede comprobar cuando se hacen las pruebas e intercambiar los conectores si es necesario.

Este módulo cuenta con un protector sobre calentamiento y corriente, así como con un aislador el cual permite separar el circuito de control de la parte de potencia para mantener la integridad del dispositivo, es por ello que este sistema soporta altos amperajes (Sayago J.; Chango W.; Quionez X.; Torres M.; Cabrera A.; Jacome L. 2019).

Además, este sistema está constituido por dos transistores MOSFET de tipo P - y N – con un controlador IC en un solo paquete, lo que permite la conexión de interfaz a un dispositivo externo de control, como por ejemplo un microcontrolador, ya que este cuenta con entrada de tipo lógico, ajuste de velocidad, generación de tiempo muerto y protección contra exceso de temperatura, sobretensión, baja tensión, sobre corriente y si ocurre protección para un control circuito (Sayago J.; Chango W.; Quionez X.; Torres M.; Cabrera A.; Jacome L. 2019).

Algunas características son:

- Corriente de operaciones máxima 43 A
- Frecuencia de Reloj 25 KHz -
- Chip Buffer Schmitt – trigger 74AHC244
- Voltaje de operación 5.5 V - 27 V
- Señal PWM dos canales
- Baja corriente de reposo 7uA a 25°C

La lógica del driver funciona entre 3 a 5 voltios, por lo cual es compatible con la mayoría de microprocesadores. Además, admite realizar el control de la velocidad del motor mediante los pines PWM del Arduino (Sayago J.; Chango W.; Quionez X.; Torres M.; Cabrera A.; Jacome L. 2019).

Tracción

Los motores de corriente continua (también motores de corriente directa CC o DC) como se observa en la figura 25, son máquinas que convierte la energía eléctrica en mecánica, provocando un movimiento rotatorio, por la acción del campo magnético que se genera (Ley de Gauss, 2015).

Figura 25

Título Motorreductores CC



Fuente: Arduino (2020)

Nota: motor para el prototipo experimental

La explicación de funcionamiento se puede resumir si recordamos la ley de fuerza simplificada, si un conductor por el que pasa una corriente eléctrica se sumerge en un campo magnético, entonces el conductor sufre una fuerza perpendicular al plano formado por el campo magnético y la corriente (Ley de Gauss, 2015).

El motorreductor mecánico de velocidad es un invento simple cuyo funcionamiento consta de una caja de piñones que cambia la velocidad da fuerza al sistema haciendo que este varíe su velocidad y adquiera fuerza de torque.

Algunas características de estos motores

- Voltaje de funcionamiento: 3 V a 12 V CC
- Par Máximo: 800 gf, cm, min (3 V)

- Velocidad sin carga: 1:48 (3 V)
- Corriente de carga: 70 mA (250 mA, máx.)

Por otro lado, para el Prototipo Operacional observado en la figura 26, se utilizaron dos motorreductores CC de 12 V, los cuales fueron extraídos de un carro eléctrico de niño usado sus características principales son:

- Voltaje de alimentación 12 Voltios
- Potencia del Motor, motores desde 200 W
- Velocidad aproximada 10 KM/h
- Caja reductora piñonera plástica
- Corriente de carga 3 amperios

Figura 26

Título Motorreductores CC de 12 V



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: Prototipo Operacional

Sistema de Guiado

Como se muestra en la figura 27, El robot realizará el recorrido mediante el censado de una línea de color negro, sobre un fondo blanco, así como para la identificación de las estaciones, se colocarán cintas de color rojo, verde, azul (RGB) en las que el sensor de color identificara, haciendo que el robot actué según la programación.

Figura 27

Título Sistema de Guiado



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: la programación del arduino permite la comparación del trayecto haciendo que los sensores actúen con el puente H y este a su vez con los motores.

Estructura del robot (Chasis)

En el modelo experimental se muestra de las figuras 28 a la 31 aquí se evidencia como se ensamblan los motores, tarjeta y sensores.

Figura 28

Título: Elementos básicos



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: Elementos básicos para la construcción del prototipo experimental sensores y placa de arduino.

Figura 29

Título: Vista lateral de prototipo experimental.

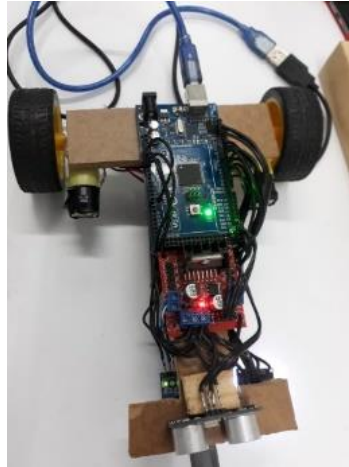


Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: Sobre un de madero se colocan los elementos

Figura 30

Título: Vista superior



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: la relación con llantas debe ser la correcta.

Figura 31

Título: prototipo con sensor color.



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: El sensor color será el que permita las estaciones.

Evidencias del prototipo Operacional.

Para el prototipo Operacional se construyó un esqueleto en tubo cuadrado de 1 pulgada recubierto con MDF como se observa en las figuras 32 hasta la 36, dándole forma al vehículo

Figura 32

Título: Esqueleto del prototipo Operacional.



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: construido con tubo cuadrado ensambladas las llantas extraídas de un auto eléctrico de niño

Figura 33

Título: Prueba con cesta.



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: La idea es trasportar mercancía de allí las dimensiones

Figura 34

Título: Estructura prototipo Operacional



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: La cabina del vehículo esta realizada en MDF taponada para su pintura

Figura 35

Título: Prueba con sesta



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: es importante que las dimensiones correspondan a la finalidad de este modelo

Figura 36

Título: Vista frontal



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: El prototipo recibió tres capas de pintura.

Resultados y Discusión

La realización de este proyecto demuestra la relación de lo aprendido teóricamente en la universidad UNAD y la práctica aportando en el desarrollo de la investigación de este tipo de vehículos y en prototipo operacional terminado como se muestra en la Figura 37.

Figura 37

Título: Prototipo operacional terminado



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: En esta imagen se muestra el prototipo operacional terminado con recursos propios.

Figura 38

Título: encuentro de semilleros UNAD.



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: Participación con el modelo en el tercer encuentro de semilleros UNAD

Dosquebradas Risaralda, obteniendo excelentes comentarios.

Figura 39

Título Stan del vehículo guiado automáticamente (AVG) UNAD. - Certificado de participación en el X encuentro regional de semilleros RREDSI.



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: Con esta presentación obtuvo la oportunidad de participar como invitado para la exposición del proyecto en el encuentro de semilleros en el X encuentro de semilleros RREDSI a nivel regional.

Alimentación

El prototipo experimental consta de 2 pilas recargables de 6800 mA a 4.2 Voltios y el prototipo operacional de 2 baterías de moto de 12 voltios y 5 amperios; la batería como se muestra en la Figura 44 es un dispositivo que almacena energía en forma electroquímica. Las celdas tienen electrodos; ánodo y cátodo, el ánodo es un electrodo en el que se lleva a cabo la oxidación y en el cátodo donde se efectúa la reducción. Los electrodos pueden ser de cualquier material que sea un conductor eléctrico, como metales y semiconductores (Elementos de Tecnología. 2018).

Figura 40

Título: Batería 12 voltios 7 amperios.



Fuente: Firstpower (2020)

Nota: Con capacidad necesaria para el consumo del vehículo operacional esta batería garantiza dos horas de funcionamiento.

Por otra parte, para completar el circuito eléctrico, las disoluciones se conectan mediante un conductor por el que pasan los cationes y aniones, conocido como puente de sal o puente salino; los cationes disueltos (K^+) se mueven hacia el cátodo y los aniones (Cl^-) hacia el ánodo,

con el fin de que las disoluciones se neutralicen y la corriente eléctrica fluye del ánodo al cátodo porque existe diferencia de potencial electrónico entre ambos electrolitos.

Por lo anterior, se conocen a grandes rasgos dos tipos básicos de baterías:

La Batería primaria posee una reacción electroquímica la cual es irreversible, esto debido a que una vez la batería descargada no puede volver a cargarse y la batería secundaria es todo lo contrario a la primera, ya que cuando la batería se a descargado puede ser cargada inyectándole corriente continua desde una fuente externa (Elementos de Tecnología, 2018).

Para la determinación de la batería a utilizar, se tuvieron dos aspectos, uno que fuera recargable, seleccionando una batería tipo secundaria; así como el consumo máximo del robot según las características de corriente.

Funcionamiento del sistema

Teniendo en cuenta las características de los diferentes elementos se procede a hacer el montaje de sensores y actuadores para la construcción del prototipo experimental y operacional.

Prototipo experimental

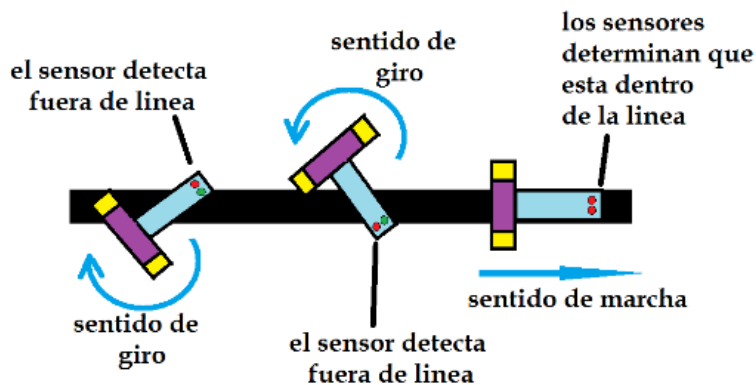
Sobre un madero según la figura 29 se procede a colocar los dos (2) motorreductores con sus llantas quienes servirán de locomoción, así como el módulo L298N driver de tipo H-bridge permite el control de velocidad y la dirección de giro de estos.

Por otro lado, los CNY70 son sensores ópticos infrarrojos que direccionan el vehículo mediante el siguiente principio:

El CNY70 sensor que se utilizan para medir distancias y detectan líneas funciona por medio de la reflexión, se requiere que la superficie permita reflejar un haz de luz, si la superficie es negra entonces no refleja ninguna luz como longitud de onda del infra rojo obteniendo un 0 en caso contrario un 1.

Figura 41

Título: Funcionamiento de los sensores infra rojos.



Fuente: Autoría Propia (2020)

Nota: En la figura 41 se puede apreciar que cuando el sensor detecta el color blanco, esta gira en un sentido al motor contrario; y cuando los dos sensores detectan la línea negra los dos motores se ponen en funcionamiento.

Según las pruebas cuando el sensor óptico muestra un valor alto, se encuentra sobre la superficie blanca y cuando muestra un valor bajo, el sensor esta sobre la línea negra debido a su nivel de luminosidad.

El sistema saca entonces un promedio, utilizando la siguiente fórmula para hallar el valor medio

$$V_p = \frac{V_a - V_b}{2}$$

Donde,

V_p = Valor promedio

V_a = Valor alto

V_b = Valor bajo

Cuando utilizamos la comunicación serial del Arduino y la PC se puede observar que el sensor en pantalla muestra un valor de setenta (70) como máximo y treinta (30) como mínimo, el sistema realiza un promedio haciendo que actúen los motores en busca del promedio.

$$V_p = \frac{70 - 30}{2}$$

$$V_p = 20$$

Estando en este valor, los dos motores están en marcha hasta que uno de los sensores se encuentre en un valor diferente.

La velocidad promedio del Vehículo se puede calcular sabiendo la distancia recorrida y el tiempo utiliza al desplazarse de un punto a otro

$$V = \frac{Distancia}{Tiempo}$$

En la práctica el vehículo tarda tres (3) segundos en recorrer 0.5 metros entonces el vehículo posee una velocidad de

$$V_p = \frac{0.5}{3} \frac{m}{s}$$

$$V_p = 0.167 \frac{m}{s}$$

Una de las características son las estaciones, éstas se logran gracias al sensor color TCS3200.

Como se había explicado tiene cuatro entradas digitales S0, S1, S2, S3 y una salida digital

Su interacción, así como la propagación a la cual es sometido, permiten que identifique ciertos colores y actúe sobre los motores, creando la sensación de estaciones.

Un sensor ultrasónico es capaz de emitir un sonido imperceptible para el ser humano (de ahí su nombre), el sonido producido se topa en el ambiente hasta que encuentra un objeto físico con el que choca, cuando el sonido tropieza con un objeto este rebota y regresa al sensor, haciendo que de esta manera el sensor pueda calcular el tiempo que tarda el sonido en propagarse y regresar (ElectrónicaStor, 2020).

Con base a las referencias manejadas, se puede reinterpretar este tiempo y se calcula en automático la distancia en unidades de centímetros o pulgadas.

Por otra parte, dentro de los resultados, se realizó presentación en dos encuentros de semilleros en la UNAD y X encuentro regional de semilleros RREDSI.

Por otro lado, Respecto al resultado se puede decir que fueron satisfactorios a nivel tecnológico como personal, la plataforma Arduino es muy versátil más sin embargo tiene un alto grado de error en este aspecto se requiere de más investigación en el uso con otras plataformas como PLC y Raspberry pi.

Complementando este proyecto se puede llegar a una solución funcional y viable para la comercialización de AGV en Colombia.

Conclusiones

Se cumplieron los objetivos específicos en la construcción de modelo experimental de AGV además de obtuvo valiosa información para continua la investigación con el propósito operacional en busca de hacerlo comercial.

Se implemento el software y hardware de Arduino en el modelo experimental consiguiendo buenos resultados

Se realizo la programación en lenguaje Arduino de los sensores en busca de su calibración.

En el diseño del modelo experimental como en el operacional se recurre a varias disciplinas como son la mecánica, la programación, la electrónica, la robótica en busca de la calibración adecuada de los sensores.

Se realizaron presentaciones en semilleros del proyecto con gran acogida.

El modelo experimental será entregado a la universidad en busca que nuevos estudiantes hagan sus aportes en busca de la funcionalidad correcta del sistema.

Recomendaciones

Tomando en cuenta que existen otras plataformas como Rasperry, LPC en donde se podrían conseguir mejores resultados se podrá tomar estos conocimientos como punto de partida para la utilización de los sensores correspondientes.

En caso de realizar mejoras al sistema es recomendable utilizar baterías que permitan más carga y tiempo útil del sistema.

El sistema de tracción puede ser mejorado brindado más velocidad y menos contaminación auditiva.

La Universidad debe realizar más encuentros de semilleros donde se socialicen los proyectos y realimentarlos con las experiencias de los demás haciendo más complementarias las carreras.

Referencias

- Arduino (2020) Arduino. Recuperado de <https://www.arduino.cc/>
- Ballesteros A. (2018). Historia de LEAN. Lo AGV'S y el LEAN: una solución ya factible en las pequeñas y medianas empresas. Recuperado de <https://historiasdellean.blogspot.com/2018/07/los-agvs-y-el-lean-mas-pronto-que-tarde.html?cv=1>
- Course Hero. (2020). Componentes de un sistema AVG. Recuperado de <https://www.coursehero.com/file/72656505/expo-agvsdocx/>
- Dematic (2020). Soluciones intralogísticas para la excelencia operativa. Dematic. Colsada, Madrid. Recuperado de <https://www.dematic.com/es-co/>
- Díaz U. F. (2018). Tecnología 1 ESO:Contenidos. Recuperado de <https://fdiazuceda.blogspot.com/2018/>
- DTA - Desarrollo de Técnicas para Astilleros, S.A. (2020). Smart Solutions For On Site Transportation. Madrid, Spain. Recuperado de <https://dtaglobalservice.com/>
- Echeverri Estrada, J. M., & Escobar Murcia, P. A. (2012). Caracterización de un AGV (vehículo guiado automáticamente) en el sistema de manufactura flexible, caso Centro Tecnológico de Automatización CTAI de la Pontificia Universidad Javeriana.
- Escarletti. (2018). Robots Didácticos. Recuperado de <http://robots-argentina.com.ar/didactica/arduino-reconocer-colores-con-el-modulo-tcs230/>
- Fetch Robotics. (2020). The Cloud Robotics Platform forms n-demand automation. Orchard Parkway; San Jose, CA. Recuperado de <https://fetchrobotics.com/>

- Cuadros A. I. (2020). Geek electrónica. Medición de Distancia con Sensor Ultrasónico y Arduino. Recuperado de <https://geekelectronica.com/medicion-de-distancia-con-sensor-ultrasonico-y-arduino/>
- Elementos de Tecnología. (2018). Operador Radiotelefonista Restringido en VHF. Recuperado de <https://www.centrodeformacionmercante.com.ar/wp-content/uploads/Apunte-Tecnologia-ORRVHF.pdf>
- ElectrónicaStore (2020). Recuperado de <https://electronicastore.net/>
- Gideon Brothers. (2020) Let robots do the grunt work. Zagreb, Croatia. Recuperado de <https://www.gideonbros.ai/>
- Indeva. (2020). Intelligent Devices for handling. Vehículos de Guiado Automático Indeva AGV. Val Brembilla (BG) Italy. Recuperado de <https://www.indevagroup.es/vehiculos-de-guiado-automatico-indeva-agv/>
- Indeva. (2020). Industrial manipulator and material handling solutions ..since 1970. Val Brembilla (BG) Italy. Recuperado de <https://www.indevagroup.com/>
- Isaac. (2020). L298N: Módulo para controlar motores para Arduino. Recuperado de <https://www.hwlibre.com/l298n/>
- Jungherich. (2020) Manejo de materiales y soluciones intralogísticas. Recuperado de <https://www.jungheinrich.co/>
- Kivnon. (2020). Vehículo de guiado automático. Barcelona, España. Recuperado de <http://blog.kivnon.com/>
- Ley de Gauss. (2015). Recuperado de <http://leygauss.blogspot.com/>

- Martínez C.; Martínez D. (2019). Arduino Day Veracruz. Recuperado de <https://github.com/carlosmart7104/arduinoDayVeracruz>
- Mitsubishi Logisnext Europe Oy. (2020). AVG soluciones y servicios inteligentes de manipulación de materiales en todo el mundo. Rocla. Jarcenpaa, Filand. Recuperado de <https://www.rocla-agv.com/>
- MIR - Mobile Industria Robots A/S. (2020). Solutions. Recuperado de <https://mobile-industrial-robots.com/en/>
- MSK. (2020). Industrielle Verpackungslinien und Logistiksysteme erarbeitet. MSK coverttech Group. Kleve, Deutschland. Recuperado de <https://www.msk.de/>
- Reflectante. (2020). Catadióptrico. Huelva, España. Recuperado de <https://www.reflectante.top/catadioptrico/>
- Sayago J.; Chango W.; Quionez X.; Torres M.; Cabrera A.; Jacome L. (2019). Tecnología asistiva para la comunicación y movilidad de personas con discapacidad motriz. Recuperado de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Informaticaysistemas/article/view/1958>
- Schafer. (2020). Prductos y soluciones. Rua dos Cardeais, Itália. Recuperado de <https://www.ssi-schaefer.com/es-br>
- SMC Corporation (2019). Supporting Automatic. SMC. Europa. Recuperado de <https://www.smc.eu/en-eu>
- Teléfonoica. (2019). Teléfonoica y Schindeler unen fuerzas para proporcionar conectividad IoT ascensores y escaleras mecánicas en todo el mundo. Londres/Madid. Recuperado de

<https://www.business-solutions.telefonica.com/en/information-centre/news/telefonica-y-schindler-unen-fuerzas-para-proporcionar-conectividad-iiot-para-ascensores-y-escaleras-mecanicas-en-todo-el-mundo-news/>

TMG Impianti S.P.A. (2020). Integramos y creamos soluciones personalizadas para la automatización de plantas de fin de línea para cada necesidad. TMG Automated Packaging.

Intoupavazinha, Blumenau SC. Recuperado de <https://www.tmgimpianti.com/es/>

Transolt. (2020). Selft – driving technologies. Sariyer, Istanbul. Recuperado de <https://transolt.com/>

Trapo AG. (2020). Partner Für industrielle Automatsierung. Dublin, Irland. Recuperado de <https://www.trapo.de/>

Anexos

Anexo A. código Arduino sensor color

Código Arduino sensor color FERNANDO ARBELAEZ

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(42, 41, 35, 34, 33, 32);
```

```
int S2=49;
```

```
int S3=50;
```

```
int outPin=48;
```

```
int rColorStrength;
```

```
int gColorStrength;
```

```
int bColorStrength;
```

```
unsigned int pulseWidth;
```

```
void setup(){
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(S2, OUTPUT);
```

```
  pinMode(S3, OUTPUT);
```

```
  pinMode(outPin, INPUT);
```

```
lcd.begin(16, 2);

lcd.setCursor(0, 0);

lcd.print("***Robottec***");

}

void loop(){

  lcd.setCursor(2, 1);

  digitalWrite(S2,LOW);

  digitalWrite(S3,LOW);

  pulseWidth = pulseIn(outPin,LOW);

  rColorStrength = pulseWidth/400. -1;

  rColorStrength = (255-rColorStrength);

  digitalWrite(S2,HIGH);

  digitalWrite(S3,HIGH);

  pulseWidth = pulseIn(outPin,LOW);

  gColorStrength = pulseWidth/400. -1;

  gColorStrength = (255-gColorStrength);

  digitalWrite(S2,LOW);

  digitalWrite(S3,HIGH);

  pulseWidth = pulseIn(outPin,LOW);

  bColorStrength = pulseWidth/400. -1;

  bColorStrength = (255-bColorStrength);
```

```
if(rColorStrength>gColorStrength && gColorStrength > bColorStrength){  
    rColorStrength = 255;  
    gColorStrength = gColorStrength/2;  
    bColorStrength = 0;  
}
```

```
if(rColorStrength>bColorStrength && bColorStrength > gColorStrength){  
    rColorStrength = 255;  
    bColorStrength = bColorStrength/2;  
    gColorStrength = 0;  
}
```

```
if(gColorStrength>rColorStrength && rColorStrength > bColorStrength){  
    gColorStrength = 255;  
    rColorStrength = rColorStrength/2;  
    bColorStrength = 0;  
}
```

```
if(gColorStrength>bColorStrength && bColorStrength > rColorStrength){  
    gColorStrength = 255;  
    bColorStrength = bColorStrength/2;  
    rColorStrength = 0;  
}
```

```
if(bColorStrength>rColorStrength && rColorStrength > gColorStrength){  
  
    bColorStrength = 255;  
  
    rColorStrength = rColorStrength/2;  
  
    gColorStrength = 0;  
  
}
```

```
if(bColorStrength>gColorStrength && gColorStrength > rColorStrength){  
  
    bColorStrength = 255;  
  
    gColorStrength = gColorStrength/2;  
  
    rColorStrength = 0;  
  
}
```

```
bColorStrength = bColorStrength *.5;  
  
gColorStrength = gColorStrength *.75;
```

```
if(rColorStrength == 0 && gColorStrength == 95 && bColorStrength == 127){  
  
    lcd.print("Color: AZUL ");  
  
}
```

```
else if(rColorStrength == 255 && gColorStrength == 191 && bColorStrength == 127){  
  
    lcd.print("Color: VERDE ");  
  
}
```

```

else if(rColorStrength == 255 && gColorStrength == 0 && bColorStrength == 63){

  lcd.print("Color: ROJO ");

}

else{

  lcd.print(" SENSAR:  ");

}

delay(20);

}

```

Anexo B. código Arduino CNY 70

/* Programación de SEGUIDOR DE LINEA usando ARDUINO, CNY70, DRIVER L298N.

Realizado por FERNANDO ARBELAEZ.*/

int infraPin1 = 10; // pin del infrarrojos utilizado como entrada digital en el lado derecho(#1).

int infraPin2 = 11; // pin del infrarrojos utilizado como entrada digital en el lado izquierdo(#2).

int valorInfra1 = 0; // Valor inicial de la lectura digital del infrarrojo #1.

int valorInfra2 = 0; // Valor inicial de la lectura digital del infrarrojo #2.

int OUTPUT4 = 4; // Output4 conectada al pin 4.

int OUTPUT3 = 3; // Ouput3 conectada al pin 3.

int OUTPUT2 = 6; // Output3 conectada al pin 6.

int OUTPUT1 = 7; // Output4 conectada al pin 7.

void setup() {

Serial.begin(9600); // Comenzamos comunicacion serial.

pinMode(infraPin1, INPUT); // Inicializa el pin 1 como entrada digital.

pinMode(infraPin2, INPUT); // Inicializa el pin 2 como entrada digital.


```

pinMode (OUTPUT1, OUTPUT); // Inicializa el pin 7 como salida digital.

pinMode (OUTPUT2, OUTPUT); // Inicializa el pin 6 como salida digital.

pinMode (OUTPUT3, OUTPUT); // Inicializa el pin 3 como salida digital.

pinMode (OUTPUT4, OUTPUT); // Inicializa el pin 4 como salida digital.

}

void loop() {

    valorInfra1 = digitalRead(infraPin1); // Lee el valor de la entrada 10, esto es, el valor que lee el
infrarrojo #1.

    Serial.print("SENSOR1 ");    //Imprimimos el texto "SENSOR1 "

    Serial.println(valorInfra1); //Imprimimos la lectura del infrarrojo #1.

    valorInfra2 = digitalRead(infraPin2); // Lee el valor de la entrada 11, esto es, el valor que lee el
infrarrojo #2.

    Serial.print("SENSOR2 ");    //Imprimimos el texto "SENSOR2 "

    Serial.println(valorInfra2); //Imprimimos la lectura del infrarrojo #2.

    if(valorInfra1==0) // Si la lectura del infrarrojo #1 es 0, entonces se cumplira una de las siguientes
condiciones:

    {

        if(valorInfra2==0) // Si la lectura del infrarrojo #2 es 0, es decir los dos sensores estan sobre la linea
negra, entonces los dos motores avanzaran en linea recta.

        {

```

```
digitalWrite(OUTPUT1,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT2,1);
```

```
digitalWrite(OUTPUT3,1);
```

```
digitalWrite(OUTPUT4,0);
```

```
}
```

else // Si la lectura del infrarrojo #2 es 1, el sensor#1 esta sobre la linea negra y el sensor#2 esta fuera de la linea negra, entonces solo una rueda gira y esto causara el giro.

```
{
```

```
digitalWrite(OUTPUT1,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT2,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT3,1);
```

```
digitalWrite(OUTPUT4,0);
```

```
}
```

```
}
```

else // Si la lectura del infrarrojo #1 no es 0, sera 1, se daran las siguientes posibilidades:

{if(valorInfra2==0) // Como el sensor#1 esta fuera de la linea negra y el sensor#2 esta sobre la linea negra, entonces solo una rueda gira y esto causara el giro.

```
{
```

```
digitalWrite(OUTPUT3,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT4,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT1,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT2,1);
```

```
}
```

else{ // si ambos sensores dan lectura 1, los dos estan fuera de la linea negra, para que vuelva a su trayectoria tiene que retroceder.

```
digitalWrite(OUTPUT1,1);
```

```
digitalWrite(OUTPUT2,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT3,0);
```

```
digitalWrite(OUTPUT4,1);
```

```
}
```

```
}
```

```
}
```